

Janne Louho

# Ilmanvaihdon merkitys ja ylläpito

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työjohto

Opinnäytetyö

13.3.2014

Tekijä Otsikko	Janne Louho Ilmanvaihdon merkitys ja ylläpito
Sivumäärä Aika	32 sivua + 2 liitettä 13.3.2014
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto, LVI-tekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikan työnjohto
Ohjaaja	lehtori Jyrki Viranko
<p>Opinnäytetyöni aiheena on yleisesti ottaen ilmanvaihto. Tarkoituksenani oli lähteä tekemään yleiskatsaus asiasta. Ainakin minulle on jäänyt sellainen kuva, että ilmanvaihto jää LVI-tekniikassa niin sanotun vesiputkipuolen varjoon, joten halusin tuoda tämän aiheen työssäni esille. Tämä aihe siksi, sillä ilmanvaihdolla ja sen toimivuudella on suuria merkityksiä, niin ihmisten kuin myös rakennusten hyvinvoinnille.</p> <p>Työni sisältää yksityiskohtaisesti oleelliset asiat ilmanvaihdosta ja sen merkityksestä. Työssäni on myös seurattu ilmanvaihtohuoltoa vaihe vaiheelta ja pyritty kertomaan huolto-toimenpiteet selvästi. Tulokseksi saatiin, että ilmanvaihto kattaa merkittävän osan nykypäivän talotekniikkaa.</p> <p>Opinnäytetyötä tehdessä etsin tietoa monilta eri tahoilta, niin käytännön puolelta kuin myös kirjallisuudesta. Oma tietoaikin oli ennen työhön ryhtymistä.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihto, ilmanvaihdon säätö

Author Title	Janne Louho The meaning and maintenance of ventilation and air conditioning
Number of Pages Date	32 pages + 2 appendices 13 March 2014
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructor	Jyrki Viranko, Senior Lecturer
<p>The subject of this Bachelor`s thesis was ventilation air conditioning in general. The intention was to gather an overview of the topic. It seemed that air conditioning and ventilation are often overlooked when compared to the other parts in HVAC. Therefore, this particular topic was of interest. Furthermore, the topic is of importance for the wellbeing of people, as well as buildings.</p> <p>While gathering information for the final year project, as many different sources as possible, both theoretical and practical, including my own knowledge and experience, were used.</p> <p>The final year project covered the most important parts of air conditioning and ventilation, as well as its significance for people and buildings. The maintenance of ventilation systems was also monitored in great detail to create a step-by-step report of this. As a result it could be established that the ventilation air conditioning covers a large part of today`s building technology.</p>	
Keywords	ventilation air conditioning

# Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ilmanvaihdon merkitys	1
2.1	Sisäilman epäpuhtaudet	2
2.1.1	Radon	4
2.1.2	Formaldehydi	4
2.1.3	Hiilidioksidi	5
2.1.4	Muut orgaaniset yhdisteet	5
2.1.5	Hiukkasmaiset epäpuhtaudet	5
2.1.6	Allergeenit	6
2.1.7	Biologiset epäpuhtaudet	6
2.2	Sisäilmastoluokat	6
3	Ilmanvaihtojärjestelmät	8
3.1	Painovoimainen ilmanvaihto	8
3.2	Koneellinen poistoilmanvaihto	9
3.3	Koneellinen tulo- ja poistojärjestelmä	10
4	Ilmanvaihtokanavisto ja -varusteet	10
4.1	Ilmanvaihtokanava	10
4.1.1	Liitoskappaleet ja kulmayhteet	11
4.1.2	Puhdistusluukku	13
4.1.3	Säätö- ja sulkupellit	13
4.1.4	Palopelti	14
4.1.5	Äänenvaimennin	15
4.1.6	Tuloilmaventtiili	16
4.1.7	Poistoilmaventtiili	18
4.2	Ilmanvaihtokanavien eristys	19
4.3	Ilmanvaihtokoneen suodattimet	20
5	Ilmanvaihtojärjestelmän tiiveys	21
6	Ilmanvaihdon ylläpito	22
6.1	Nuohous, mittaus- ja säätötoimenpiteiden toteutus	23

6.2	Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen suunnittelu	26
6.3	Työn toteutus	26
6.4	Päätelaitteiden huolto	28
6.5	Puhtauden tarkastaminen	28
6.6	Mittaus- ja säätötyö	29
7	Yhteenveto	31
	Lähteet	32

## Liitteet

Liite 1. Esimerkki laatu- / olosuhdemittausraportista

Liite 2. Esimerkki ilmamäärien mittauspöytäkirjasta

## 1 Johdanto

Opinnäytetyöni käsittelee ilmanvaihdon merkitystä ja sen toimivuuden ylläpitämistä rakennuksissa. Työssäni käydään läpi erilaiset ilmanvaihtojärjestelmät sekä paneudutaan järjestelmien huolto- ja ylläpitotoimenpiteisiin.

Opinnäytetyön tarkoituksena on toimia osana opintojeni suoritusta, sekä näyttönä opintojen sisäistämisestä. Työ on tehty osittain toimeksiantona vantaalaiselle LVI-Trio Oy:lle.

LVI-Trio Oy on vuonna 1986 perustettu LVI-alan yritys, joka tarjoaa kaikki talotekniikan, sekä korjausrakentamisen palvelut saman katon alta. Tällä hetkellä yritys työllistää yli 90 henkeä yhdessä tytäryhtiöidensä kanssa. Tytäryhtiöitä yrityksellä on kaksi: Trio Korjausrakentaja Oy sekä Lauttasaaren Työkalupakki Oy.

Olen työskennellyt yrityksessä syksystä 2012 lähtien opiskelujeni ohella.

## 2 Ilmanvaihdon merkitys

Ilmanvaihdon tarkoituksena on ylläpitää sisätiloissa hyvä ilmanlaatu eli pitää ilma happipitoisena, epäpuhtauspitoisuuksiltaan pienenä sekä hajuttomana. Ilmanvaihdoilla pyritään siirtämään ilman epäpuhtauksia pois, laimentamaan niiden olemassaoloa tai poistamaan niiden pitoisuudet kokonaan huonetiloista. Hyvä sisäilmasto lisää huomattavasti viihtyvyyttä, vähentää sairastumisia ja esimerkiksi työpaikoilla parantaa työtehoa. Tähän vaikuttavat sisäilman laadun lisäksi lämpötila. On todettu, että toimistoissa työskentelevien työteho on parhaimmillaan, kun lämpötila on 21 °C, ja heikkenee selvästi, mikäli lämpötila laskee tai nousee tästä huomattavasti. (1, s. 3; 2, s 14–15.)

Sisäilmaston keskeisin puhtauteen vaikuttava tekijä on tuloilman puhtaus, johon vaikuttaa ulkoa otettavan ilman puhtaus, ilman käsittely sekä ilmanvaihtojärjestelmän, kuten kanavien puhtaus. Yleinen oletus on, että tuloilma on laadultaan vähintäänkin yhtä puhdasta, jollei puhtaampaakin suodatettuna kuin ulkoilma. Näin ei kuitenkaan todistetusti aina ole. Siten on tärkeää pitää järjestelmä puhtaana. (12)

Sisäilman puhtauden takaamiseksi tarvittava ulkoilmamäärä tilasta riippuen henkilöä kohden on 4–20 dm<sup>3</sup>/s. Kuitenkin ulkoilmavirran tulee olla vähintään 0,35 dm<sup>3</sup>/s neliömetriä kohden, joka vastaa ilmanvaihtokerrointa 0,5 1/h. Tällä ilmanvaihtokertoimella tarkoitetaan, että ilma huonetiloissa vaihtuisi täysin kahden tunnin välein. Henkilömäärien ollessa tuntematon käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D2 tilakohtaisia arvoja. (kuva 1.) (6)

*Taulukko 2. Toimistorakennukset #1*

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Äänitaso L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Toimistohuone ja vastaavat tilat	8	1,5		33 / 38 *	0,20 / 0,30	*C1 ohje
Neuvotteluhuone		4		33 / 38	0,20 / 0,30	#3
Asiakastila		2		38 / 43	0,30 / 0,40	#2,
Käytävätila		0,5		38 / 43	0,30	#2,
Kahvio, taukotila		5		38 / 43	0,25	
Arkisto, varasto			0,35			
Tupakointitila: – rakennuksen käyttöaikana – rakennuksen käyttöajan ulkopuolella			20	38 / 43	0,30	#4
Kopiointihuone			10			#4
		1	4			
#1 Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.						
#2 Kiinteiden työpisteiden ilman nopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneissa.						
#3 Jos rakennuksessa on kolme tai useampia neuvotteluhuoneita, on niiden ilmanvaihto oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.						
#4 Tupakointitilan on aina oltava alipaineinen ympäröiviin tiloihin nähden.						

Kuva 1. Esimerkkinä toimistorakennuksien ilmamäärien mitoitusarvot (6).

## 2.1 Sisäilman epäpuhtaudet

Todettuja epäpuhtauksia on satoja, jotkut enemmän haitallisia ja jotkut vähemmän. Sisäilmaan epäpuhtaudet tavanomaisesti kulkeutuvat tilassa oleskelevien tai siellä oleskelleiden ihmisten, rakennusmateriaalien, tilassa tapahtuneiden työprosessien tai huonekalujen mukana. Näiden lisäksi epäpuhtauksia kantautuu myös suoraan ulkoa. (13; 1, s. 31–32.)

Ulkoa tulevista epäpuhtauksista yleisin aiheuttaja on liikenne, jonka tuottaviin epäpuhtauksiin lasketaan mm. pölyt, hiili-, ja typpimonoksidit. Ulkoilman epäpuhtaudet liikkuvat

rakennuksiin vuotoilma-aukkojen kautta ja tuloilman mukana. Tämän asian hallitsemiseen vaikuttaa oleellisesti rakennuksen sijainti. Mitä kauempana liikenneväylistä rakennus on, sitä pienempi riski on saada ulkoa kulkeutuvia epäpuhtauksia sisätiloihin. (1, s. 32.)

Rakennus- ja sisustusmateriaalien hankintavaiheessa voidaan jo miettiä ja suunnitella hyvää sisäilmaa. Materiaalien osuus epäpuhtauslähteinä on huomattava. Rakennuslevyt, kiviainekset, liimat, lakat ja maalit muodostavat pääsääntöisesti tämän osaston, sisustusmateriaaleissa näiden lisäksi myös tekstiilit, kuten kokolattiamatot. (1, s. 32.)

Sisälähteistä ihminen itse on merkittävä epäpuhtauksien tuottaja. Ihmisperäiset epäpuhtaudet kulkeutuvat huoneilmaan mm. hengityksen, vaatteiden ja ihon mukana. Näitä epäpuhtauksia ovat esimerkiksi hiilidioksidipitoiset yhdisteet sekä hajut. (1, s. 32.)

Huonetilojen eri työprosessit, kuten ruoanlaitto, vaikuttavat ilmanlaatuun. Tämän takia keittiöiden ilmanvaihtoa pyritään usein tehostamaan, jotta epäpuhtauspitoisuudet eivät yltäisi liian suuriksi. (6; 1, s. 32)

Vaikka epäpuhtauksista ja niiden syntyperistä sekä ehkäisemisestä tiedetään paljon, silti ei tiedetä läheskään kaikkien tekijöiden vaikutusta. Tämän vuoksi joudutaan useimmin turvautumaan kokemuseräiseen tietoon ilmamäärien mitoituksessa. (1, s. 32.)

Keskeisimpiin epäpuhtauksiin luokitellaan

- radon
- formaldehydi
- hiilidioksidi
- muut orgaaniset yhdisteet
- hiukkasmaiset epäpuhtaudet
- allergeenit
- ilman biologiset epäpuhtaudet.



### 2.1.1 Radon

Radon (Rn) on radioaktiivinen jalokaasu. Se on hajuton, väritön ja mauton maankuoressa syntyvä uraanin hajoamistuote, joka vapautuu materiaalista ilmaan. Radiumia on kaikessa kiviaineksessa ja maaperässä. (1, s. 33–37; 14.)

Radon on terveydelle haitallista, se on tupakoinnin jälkeen toiseksi suurin keuhkosyövän aiheuttaja. Sen pitoisuus huoneilmassa saa olla maksimissaan  $200 \text{ bq/m}^3$ , mikä tarkoittaa 200 radon-atomin hajoamista sekunnissa kuutiometrin tilavuudessa. (1, s. 33–37; 14.)

Radonin haitat ilmenevät erityisimmin rakennusten kellaritiloissa, jolloin ollaan lähimpänä maaperää. Tällöin paras ehkäisykeino on rakentaa maata vasten olevat rakenteet kaasutiiviiksi. On huomioitava, että poistoilmanvaihdon tehostaminen entisestään ei välttämättä aina pienennä radonpitoisuutta huoneilmassa, vaan se saattaa jopa nousta. Tällöin on tärkeää, että ilmavirrat on mitattu ja säädetty rakennukselle oikein. (1, s. 33–37; 14.)

### 2.1.2 Formaldehydi

Formaldehydi ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) luokitellaan aldehydeihin, jotka muodostavat orgaanisen yhdisteryhmän. Formaldehydi on voimakashajuinen kaasu ja tällöin myös haitallinen sisäilmassa. Formaldehydi on terveydelle haitallinen, ja sen oireita ovat mm. päänsärky, väsymys, pahoinvointi ja iho-oireet. (1, s. 38–39; 15.)

Formaldehydejä esiintyy rakennusmateriaaleissa ja sisustustarvikkeissa. Rakennusmateriaaleissa se esiintyy erityisesti lastulevyjen ja laminaattien liima-aineissa ja huonekaluissa tekstiilien pinnoissa. (1, s. 38–39.)

### 2.1.3 Hiilidioksidi

Hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ) on hiilestä ja hapesta muodostuva hajuton ja väritön kemiallinen yhdiste, joka on aineenvaihdunnan reaktioiden muoto. Hiilidioksidia vapautuu hengityksessä.

Hiilidioksidi on suurina pitoisuuksina jopa ihmiselle vaarallista, sillä puhtaana kaasuna se syrjäyttää hapen ja täten voi tukehduttaa ihmisen. Pienempinäkin määrinä se vaikuttaa ihmiseen huomattavasti, kuten ihmisen yleiseen virkeyttilään. Hiilidioksidin liiallinen pitoisuus sisäilmassa lisää myös päänsärkyä. (1, s. 50; 16.)

Hiilidioksidin pitoisuuksia mitatessa käytetään yksikköä ppm, parts per million. Yksikkö ilmaisee, kuinka monta miljoonasosaa jokin on jostakin. Sisäilmaluokitusten mukaan luokka S1 sallii 700 ppm:n hiilidioksidipitoisuuden, kun taas luokka S2 900 ppm:n ja S3 1200 ppm:n pitoisuudet. Ulkoilmassa hiilidioksidipitoisuus on noin 380 ppm. (9)

### 2.1.4 Muut orgaaniset yhdisteet

Sisäilma sisältää enemmän orgaanisia yhdisteitä kuin itse ulkoilma. Tästä voidaankin todeta, että ihminen itse toimii näiden yhdisteiden lähteenä, kuin myös rakennus- ja sisustusmateriaalit. Orgaanisia yhdisteitä löytyy sisäilmasta satoja, mutta niiden yksittäinen vaikutus on lähes mitätön. (1, s. 40.)

### 2.1.5 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Hiukkasmaisia epäpuhtauksia tulee mm. liikenteestä ja teollisuudesta. Hiukkaset aiheuttavat terveyshaittoja kiinnittyessään hengityselimiin, kuten nenäonteloihin. Niiden terveyshaitallisuus riippuu hiukkasten kiinnittymiskohdasta. (1, s. 40–42.)

### 2.1.6 Allergeenit

Tavallisin allergeeni on huonetilassa esiintyvä pölyn valkuaisaine, jota tulee ruoantähteistä ja lemmikkieläimistä. Home- ja lahottajasienten itiöt ja levät luokitellaan myös allergeeneiksi. Allergeenien toteaminen huoneilmasta on vaikeaa, sillä jo muutama hiukkanen pystyy aiheuttamaan allergisen reaktion. (1, s. 42; 17.)

### 2.1.7 Biologiset epäpuhtaudet

Biologisten epäpuhtauksien ryhmän muodostavat elävät hiukkaset, joita ovat

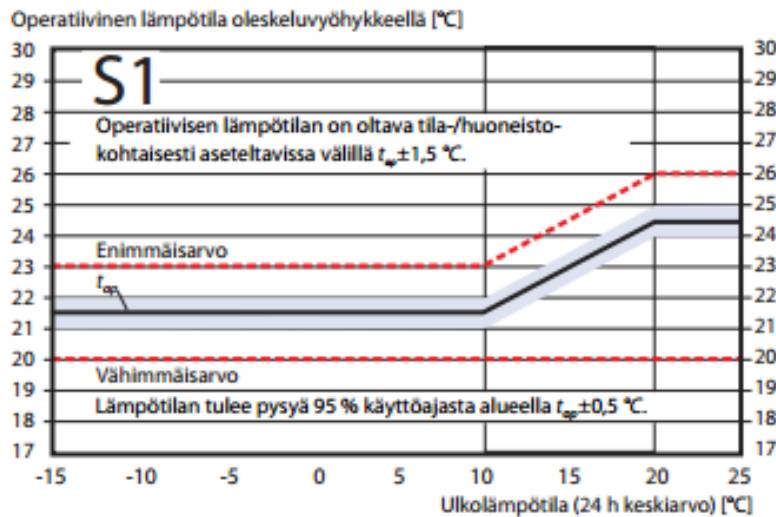
- bakteerit
- virukset
- siitepölyt
- sieni-itiöt
- levät
- eläinperäiset pölyt
- huonepölypunkkien eritteet ja osat.

Bakteerien ja virusten vaikutukset terveyteen ovat näistä suurimmat. Ne yleisimmin aiheuttavat hengitystietulehduksia, joten lisää ihmisten sairastumisia. Ryhmän muut hiukkaset aiheuttavat lähinnä vain allergisia oireita. (1, s. 43.)

## 2.2 Sisäilmastoluokat

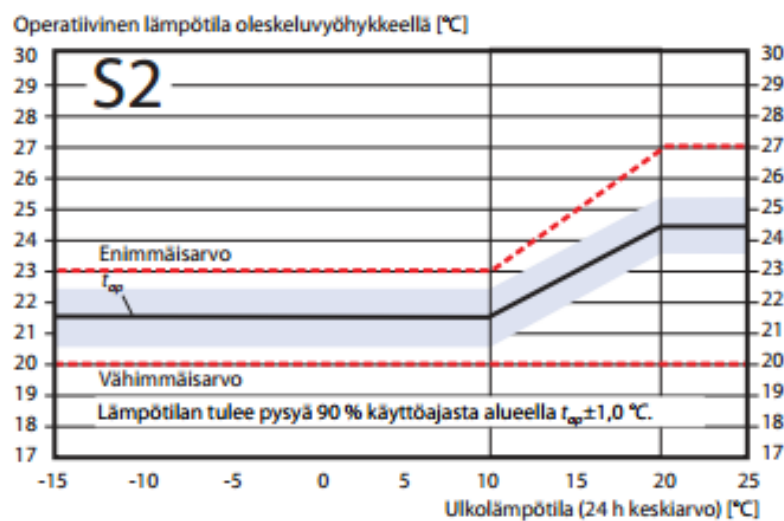
Rakennusten sisäilma on jaettu kolmeen eri sisäilmastoluokkaan, jotka ovat S1, S2 ja S3. Jaottelun tavoite on vähentää ongelmia sisäilmassa, kuten terveyteen ja viihtyvyyteen negatiivisesti vaikuttavien asioiden ehkäiseminen. Valaistus ja ääniolosuhteet on otettu myös huomioon sisäilmastomittauksissa. (9)

Luokka S1 eli yksilöllinen sisäilmasto on sisäilmastoluokituksista paras (kuva 2). Sisäilmassa ei esiinny hajuja tai muitakaan käyttäjän viihtyvyyteen alentavasti vaikuttavia tekijöitä. Tiloissa tai rakenteissa ei ole ilmanlaatua vaurioittavia tekijöitä. Käyttäjät pystyvät yksilöllisesti vaikuttamaan lämpöolosuhteisiin. Valaistus yksilöllisesti säädettävissä ja ääniolosuhteet ovat erinomaiset, eikä häiritse käyttäjäänsä. (9)



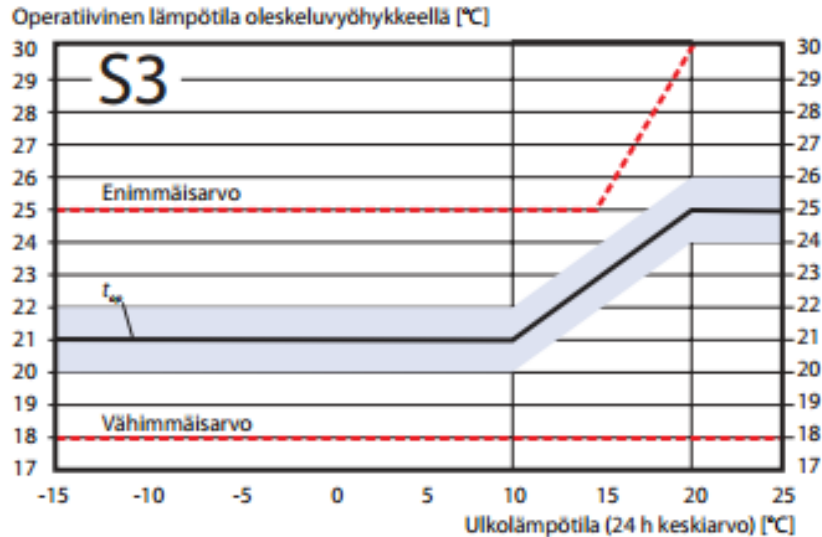
Kuva 2. Luokan S1 ohjearvoja. (9)

Luokassa S2 ei vaadita täydellisyyttä, vaan hyväkin riittää (kuva 3). Ilmassa ei esiinny häiritseviä hajuja, eikä rakenteissa ole ilmanlaatua heikentäviä epäpuhtauslähteitä. Valo- ja ääniolosuhteet ovat hyvät. Yliämpenemistä saattaa ilmetä varsinkin kuumina kesäpäivinä, muuten lämpöolosuhteetkin ovat hyvät. (9)



Kuva 3. Luokan S2 ohjearvoja. (9)

Luokka S3 eli tyydyttävä sisäilmasto täyttää juuri rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset (kuva 4). Sisäilmasto on siis käyttäjälle huonoin edellä mainituista luokituksista. (9)



Kuva 4. Luokan S3 ohjearvoja. (9)

### 3 Ilmanvaihtojärjestelmät

Ilmanvaihtojärjestelmiä on erilaisia, mutta niiden tarkoitus on aina sama eli pyrkiä poistamaan sisäilmasta epäpuhtauksia ja tuoda tilalle puhdasta korvausilmaa. Tämä hoidetaan joko painovoimaisesti, osittain koneellisesti tai kokonaan koneellisesti. (1, s. 207.)

#### 3.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimainen ilmanvaihto on pientalojen ensimmäinen ja yleisin ilmanvaihtotapa. Se on lähes kaikissa vanhemmissa asunnoissa 1960-luvulle asti. Painovoimainen ilmanvaihto on täysin luonnollinen tapa toteuttaa ilmanvaihtuvuutta, ja se perustuu pelkästään

lämpötilan ja tuulen aiheuttamiin paine-eroihin sisä- ja ulkoilman välillä. Tämän ongelmana onkin, että järjestelmä on täysin riippuvainen näistä luonnon seikoista, jotta ilmaa virtaisi ilmanvaihtohormeissa. Jos tuulta tai lämpötilaeroa ei ole, myöskään ilmanvaihtoa ei ole, ja kun taas tuuli on liian kova, tapahtuu rakennuksessa hallitsematonta lävitsevuotoa. (1, s. 209–214; 18.)

Painovoimaista ilmanvaihtojärjestelmää rakentaessa tulee ottaa huomioon ilman mahdolliset virtausnopeudet hormoneissa, jotka jäävät melko pieniksi. Jokaisesta poistoilmanventtiilistä johdetaan oma hormi vesikaton yläpuolelle. Hormien tulee olla mutkattomia ja pystysuoria, eikä niitä saa yhdistää toisiinsa. Hormien yhdistämisessä olisi vaarana se, että ilma siirtyisi huoneistoista toiseen tuoden mukanaan hajuhaittoja. Paloturvallisuuden vuoksi tämä ei ole hyväksyttävää. (1, s. 209–214; 18.)

### 3.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Koneellinen poistoilmanvaihto on ollut yleinen kerrostaloasunnoissa jo vuodesta 1960 lähtien. Tällaisessa järjestelmässä poistoilmapuolen virtaus on tehostettu puhaltimen avulla, jolloin saadaan ilmavirtaus venttiileissä vakioksi. Tilaan tuotu ilma eli tuloilma kuitenkin tuodaan painovoimaisen ilmanvaihdon tavoin korvausilmateitse. (1, s. 215; 18.)

Koneistetussa poistoilmanvaihtojärjestelmässä hormit voidaan liittää tilojen kesken yhteen, kuten yleensä on tapanakin. Tätä kutsutaan niin sanotuksi yhteiskanavajärjestelmäksi, jossa päällekkäisten huoneistojen tilat on kytketty samaan hormiin. Hormi vie suoraan puhaltimelle. Joissakin tapauksissa voidaan myös hormit viedä painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän tavoin yksittäisinä ylös, aina ullakolle saakka, jossa ne kokoojakammion välityksellä ohjataan puhaltimelle. Tätä tapaa kutsutaan poistoilmanvaihtojärjestelmäksi. Puhaltimina yleisimmin käytetään huippuimureita. (1, s. 215; 18.)

### 3.3 Koneellinen tulo- ja poistojärjestelmä

Koneellinen tulo- ja poistojärjestelmä on uusi ilmanvaihtojärjestelmä ja yleistynyt viimeisten vuosikymmenten aikana. Tällöin myös tuloilma saadaan rakennukseen koneellisesti, jolloin rakennuksen vaippa voidaan tehdä tiiviiksi. Nyt pystymme tarkasti ohjaamaan halutut ilmamäärät eri tiloihin. Nykyään lähes kaikissa uusissa pientaloissa on tämä järjestelmä. (1, s. 216; 18.)

Tuloilmaa ei voida suoraan tuoda sisätiloihin, vaan se on ensin lämmitettävä. Hyvä lämmöntalteenottolaite pystyy lämmittämään tuloilman riittävän lämpimäksi ilman erillisiä lämmityslaitteita. Lämmöntalteenottolaitteen toiminta perustuu alumiinikennoon, joka ensin varaa poistoilmasta saadun lämpöenergian itseensä, minkä jälkeen siirtää sen tuloilmapuolelle. Kylmimpinä aikoina LTO-laite ei kuitenkaan aina riitä, vaan tarvitaan sähkövastus tai vesikiertoinen jälkilämmityspatteri. (1, s. 216; 18.)

## 4 Ilmanvaihtokanavisto ja -varusteet

### 4.1 Ilmanvaihtokanava

Ilmanvaihtokanava (kuva 5) on yleensä pyöreä, joko teräksestä valmistettu sinkitty kierresaumakanava tai muovista valmistettu kanava, jossa ilma liikkuu. Muovikanavan käyttöä rajoittaa sen palonkestävyys. Sitä käytetäänkin yleisimmin vain pientalojen ilmanvaihtoa rakentaessa. Tilanpuutteen vuoksi voidaan valmistaa myös ”kanttikanavia” eli suorakaiteen muotoisia kanavia. Tällaisissa tapauksissa on kuitenkin otettava huomioon, että teetetyn kanavan materiaali täyttää vastaavat puhtausasteet sisäilmaluokitusten mukaisesti. (1, s. 87–89; 19.)



Kuva 5. Sinkitty kierresaumakanava.

Seuraaviin alajaksoihin on kerätty väliotsikoin tyypillisimmät kanavavarusteet, joita yleisimmin tulee vastaan.

#### 4.1.1 Liituskappaleet ja kulmayhteet

Ilmanvaihtokanavat kiinnitetään toisiinsa erilaisilla kanavan liitososilla. Tällaiset osat ovat joko suoria tai mutkikkaita. Yleisimmät kulmayhteet ovat 45 tai 90 asteen kulmilla varustettuja liituskappaleita. Tilanteissa joissa ilmanvaihtoputki halutaan saada haarautumaan, käytetään T-kappaleita (kuvat 6 & 7). Liituskappaleet on varustettu tiivistein. Mikäli tiiviste on vanhentunut ja täten menettänyt toimintatarkoituksensa, alkaa putki vuotaa. Mahdolliset vuotokohdat yleisimmin havaitaan niistä syntyvän äänen perusteella. (2, s. 89– 92.)





Kuva 6. Sinkitty teräksinen T-haara



Kuva 7. Muovinen T-haara.

#### 4.1.2 Puhdistusluukku

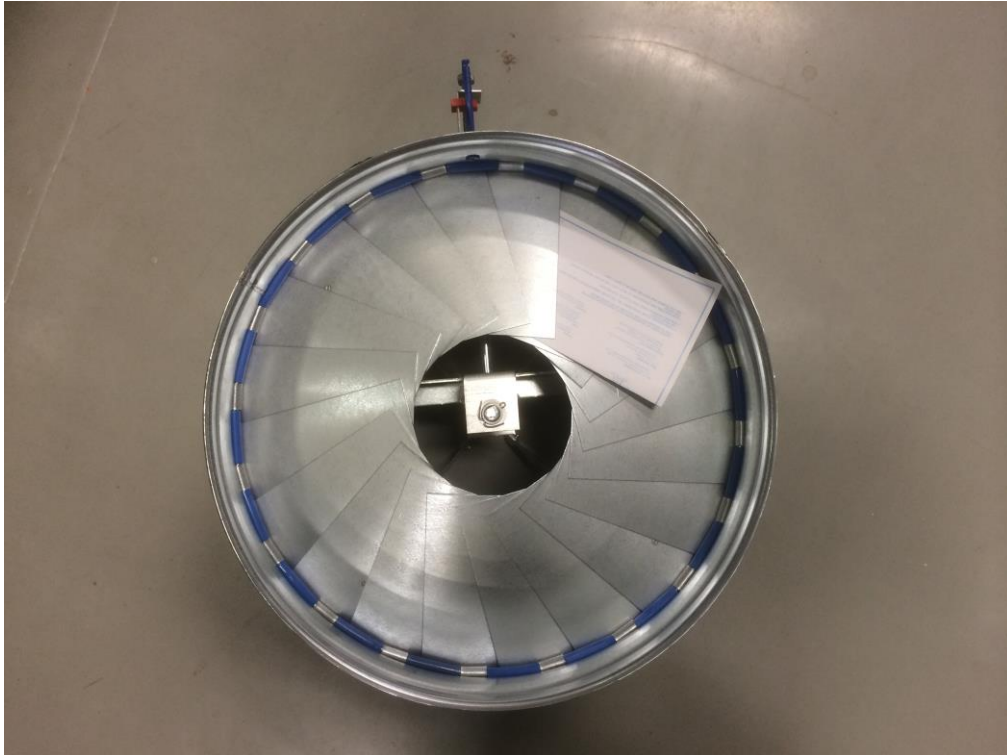
Puhdistusluukku (kuva 8) on kanavan pintaan asennettava luukku, josta päästään käsi-  
siksi kanavan sisäpintoihin esimerkiksi nuohouksien yhteydessä. Tällöin on hyvin tärkeää,  
että puhdistusluukkuja on asennettu riittävästi, jotta kanavaverkoston jokainen osa  
saadaan puhtaaksi. Nuohouksien yhteydessä usein kuitenkin joudutaan asentamaan  
puhdistusluukkuja lisää. Puhdistusluukkuja on erikokoisia jokaiselle kanavakoolle. (3, s.  
117.)



Kuva 8. Nopeasti avattava puhdistusluukku pyöreisiin, halkaisijaltaan 100 mm:n kanaviin.

#### 4.1.3 Sääto- ja sulkupellit

Sääto- ja sulkupellit (kuva 9) saadaan säädettyä ilmamäärää. Esimerkiksi tilanteissa, kun ilman-  
vaihtovaihteita on useampia, ovat ne mahdollista säätää kerralla oikeiksi ilmamääril-  
tään näitä ennen olevasta säätö- ja sulkupellistä. Sääto- ja sulkupelleissa on lukittava käsisäätölaite, jossa  
on säädön asennontunnistin. Säädön ohjeet antavat säätö- ja sulkupellin valmistaja. (3, s. 115.)

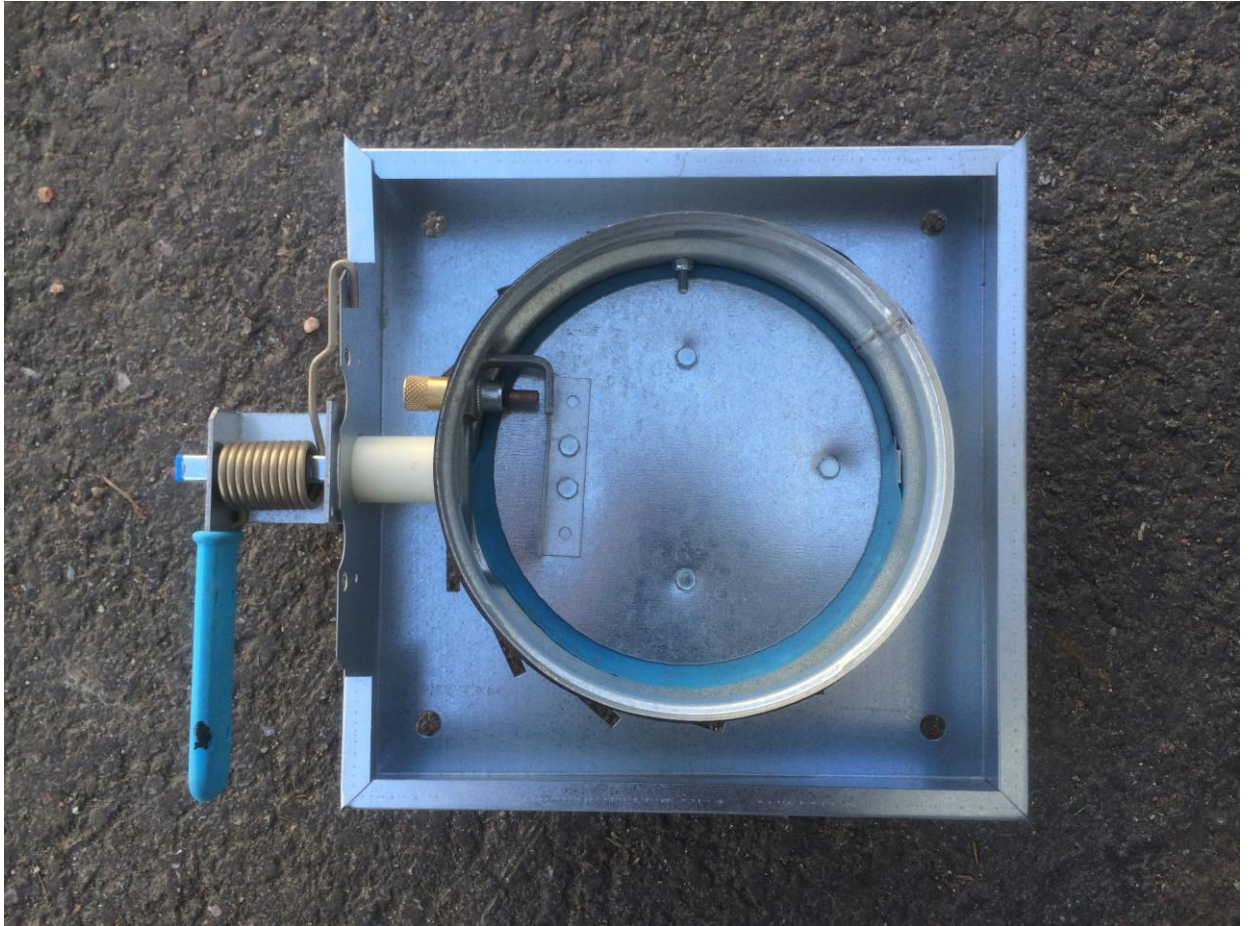


Kuva 9. Haltonin PRA-säätöpelti. Säädetäessä säätöpellin virtausaukon koko vaihtuu.

#### 4.1.4 Palopelti

Palopelti (kuva 10) on kanavaan asennettava sulkeutuva pelti, jolla saadaan ilmavirta tukittua. Palopellin tarkoituksena on estää mahdollisen palon leviäminen ilmanvaihtokanavia pitkin palo-osastoilta toiseen. Pelti on itsesulkeutuva, kun paloa on havaittavissa. Lämpötilan nousu kanavassa sulattaa palopeltiä auki pitävän sulakkeen, jolloin pelti sulkeutuu. Palopeltien toimivuus on aina tarkistettava ennen asennusta. (3, s. 116–117.)





Kuva 10. Haltonin FDI-palonrajoitin pyöreisiin ilmanvaihtokanaviin.

#### 4.1.5 Äänenvaimennin

Äänenvaimentimen (kuva 11) tarkoitus on nimensä veroinen, eli se estää laiteäänten kantautumisen kanavistoja pitkin huonetilaan. Äänenvaimentimet asennetaan pääsääntöisesti kanavaan. Poikkeustilanteissa, jolloin esimerkiksi tilanpuutteen vuoksi kanavaan ei pystytä asentamaan äänenvaimenninta, voidaan ilmanvaihtokoneen päälle asentaa erillinen äänenvaimennusosa. (3, s. 118–119.)

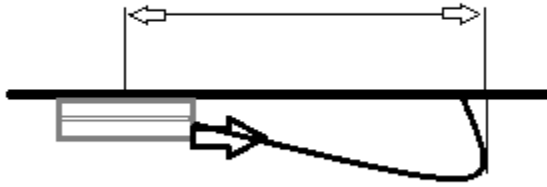


Kuva 11. Onnline-äänenvaimennin.

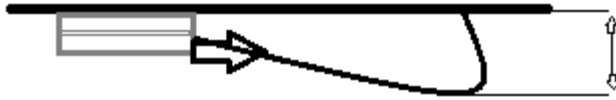
#### 4.1.6 Tuloilmaventtiili

Tuloilmaventtiilillä (kuva 14) tarkoitetaan tuloilmakanavaan asennettavaa päätelaitetta, mikä jakaa ja sekoittaa tilaan tulevan ilman. Tämä tulisi tapahtua äänettömästi, vedottomasti sekä vaikuttavasti kokonaisuudessaan haluttuun alueeseen. Tuloilmaventtiilit on säädettävissä haluttuihin ilmamääriin joko itse venttiilissä tai erillisin säätöpellein. Säätöohjeet antavat venttiilien tai säätöpeltien valmistajat. Tulevan ilman suuntaa pystytään myös ohjaamaan useimmissa venttiilityypeissä. (3, s. 124.)

Tuloilmassa puhutaan heittopituuksista ja heittokuvioista. Heittopituus (kuva 12) tarkoittaa tulevan ilman etäisyyttä venttiilin keskipisteestä. Heittopituus loppuu, kun ilma ei enää aiheuta vedontunnetta, yleisesti noin 0,2 m/s nopeuden kohdalla. Heittokuviolla (kuva 13) taas tarkoitetaan aluetta, jossa ilmavirran nopeus on yli tämän arvon 0,2 m/s. (3, s. 124–125.)



Kuva 12. Heittopituus (3, s. 124)



Kuva 13. Heittokuvio (3, s. 125)



Kuva 14. Haltonin ULA-tuloilmaventtiili.

#### 4.1.7 Poistoilmaventtiili

Poistoilmaventtiili (kuva 15) nimensä mukaan on poistoilmakanavistoon asennettu venttiili. Imuvaikutus yleensä tuntuu vain muutaman kymmenen sentin päähän venttiilistä, joten se ei vaadi ominaisuuksiltaan niin paljon kuin tuloilmapuolen venttiilit. Venttiilit ovat säädettävissä ilmamäärien läpäisyn suhteen. Suurien ilmamäärien poistamiseen on suositeltavaa käyttää poistoilmasäleikköä, tällöin imu on tehokkaampaa. (3, s. 130.)



Kuva 15. FläktWoodsin KSO-poistoilmaventtiili.

#### 4.2 Ilmanvaihtokanavien eristys

Ilmanvaihdon eristyksellä on myös merkittävä osuus koko ilmanvaihtojärjestelmään ja sen toimivuuteen. Eristyksessä onkin kiinnitettävä huomiota sen mitoittamiseen ja eristysmateriaaliin. Oikein tehty eristys ehkäisee kosteuden tiivistymistä kanaviston pinnalle eli arkikielellä sanottuna kanavan hikoilua. Asianmukainen eristys on myös energiatehokasta. (20)

Lämpimien tilojen kanavistoja ei tarvitse eristää. Tällöin ilmavirtojen lämpötilaerot eivät ole niin suuret, että kosteutta pääsisi tiivistymään. Tämä koskee sekä tuloilma- että poistoilmakanavia. On siis edullista asentaa poisto- ja tuloilmakanavat lämpimiin tiloihin. Tämä kuitenkin on harvoin mahdollista, varsinkaan pientaloissa. (20)



Paloturvallisuuden kannalta on ilmanvaihtokanavat eristettävä paloeristeellä. Palamaton eristysmateriaali on turvallinen palon leviämisen kannalta. Rakentamismääräykset asettavat vaatimuksia paloeristämiseksi, myös pientaloissa. (20)

#### 4.3 Ilmanvaihtokoneen suodattimet

Suodattimen tehtävänä on torjua ulkoilmasta tulevien hiukasmaisten epäpuhtauksien tuloa tuloilmakanavistoon ja tätä myöten huonetiloihin. Tähän tarkoitukseen soveltuu kuitu- tai sähkösuodatin. Harvemmin käytettävä suodatintyyppi on kemiallinen suodatin, kun halutaan suodattaa kaasumaisia epäpuhtauksia. (2, s. 59.)

Suodatuksen taso määräytyy yleisesti sisäilman puhtaustasovaatimusten mukaan. Suodattimien luokat tulisi määrittää jo suunnitteluvaiheessa. Joten suodattimia vaihdettaessa on huomioitava että suodatuksen alkuperäistaso eli suunnitteluvaiheessa määrätty taso ei heikkene. (2, s. 59.)

Paine-eromittarin ja huolto-ohjeen mukaisen paine-eroarvon avulla pystymme seuraamaan tarkemmin, milloin suodattimet tulisi vaihtaa tai vähintäänkin pestä. (2, s. 62.)

Suodattimien päätyyppejä ovat

- karkeasuodattimet
- hienosuodattimet
- mikrosuodattimet
- sähkösuodattimet.

Karkeasuodattimia voidaan käyttää sellaisenaan suodattamaan toisarvoisia tiloja, mutta niiden päätarkoitus on esisuodattaa hienosuodattimia. Tällöin hienosuodattimien elinikä pitenee huomattavasti. (2, s. 62.)

Hienosuodattimia käytetään yleisiä tiloja palveleviin tuloilmoihin. Sitä voidaan käyttää joko esisuodattimen kanssa tai ilman. (2, s. 62–63.)

Mikrosuodattimet ovat tarkoitettu erikoisempiin kohteisiin, joihin epäpuhtauksia ei juurikaan saisi tulla. Ne vaativat aina esisuodatuksen. (2, s. 63.)

Sähkösuodattimet toiminta perustaa keruuelektrodeihin, joihin pölyhiukkaset tarttuvat saatuaan sähkövarauksen. Keruuelektrodit tulee ajoittain pestä. (2, s. 63.)

## **5 Ilmanvaihtojärjestelmän tiiveys**

Kanaviston epätiiveys aiheuttaa monia eri haittoja, kuten kanavistosta aiheutuvaa melua. Epätiivis kanavisto ei myöskään tarjoa tarvittavia ilmamääriä eri huonetiloihin, sillä häviöitä tapahtuu matkalla koneelta huoneisiin. Ellei kanavavuotoja korjata, joudutaan ilmanvaihtokoneita suurentamaan, jotta saataisiin suurempia ilmavirtoja liikkeelle säilyttäen huonetilojen tarvittavat ilmamäärät. Tällöin meluongelma kuitenkin säilyy ja yltyy. (6; 1, s. 91–92.)

Kanavatiiviys määritetään mittaamalla vuotoilmavirta kanaviston vaippapinnan neliömetriä kohden, toimenpidettä kutsutaan tiiviyskokeeksi. Kokeen aikana ilmanvaihtoelementit tukitaan, eikä niitä oteta huomioon vaipan pinta-alaan. Itse koe suoritetaan paineistamalla kanavisto, minkä jälkeen vuotoilmavirta mitataan. (6; 1, s. 91–92.)

Ilmanvaihtojärjestelmä on jaoteltu viiteen eri tiiviysluokkaan sallittujen vuotoilmojen mukaan (kuva 16) (6; 1, s. 91–92).

Tiiviysluokka	Sallittu vuotoilma $q_{VIA}$ dm <sup>3</sup> /s/m <sup>2</sup>
A	$0,027 \times ps^{0,65}$
B	$0,009 \times ps^{0,65}$
C	$0,003 \times ps^{0,65}$
D	$0,001 \times ps^{0,65}$
E	$0,0003 \times ps^{0,65}$

Kuva 16. Tiiviysluokat sallituin vuotoilmoin (6).

Yleisesti olettaen koko ilmanvaihtojärjestelmä on riittävän tiivis, kun täytetään tiiviysluokan B:n sallimat vuodot. Tämä täytetään, kun kanavisto ja sen osat ovat luokan C vaatimat. Ilmanvaihtokoneen riittävän tiiveyden saavuttaessa on koneen vaipan vuotoilmaluokka oltava luokan A mukainen ja poistoilma- sekä tuloilmavuotojen välinen ero korkeintaan 6 % koneen nimellisvirrasta 300 pascalin koepaineella. (6)

## 6 Ilmanvaihdon ylläpito

Ilmanvaihdon yksi keskeisimmistä asioista on jo aiemmin selväksi tullut asia: tuotetun ilman puhtaus. Tämän asian takaamiseksi on hyvinkin tärkeää huoltaa ja ylläpitää järjestelmää. Näihin tärkeimpiin ja yleisimpiin ylläpitomenetelmiin kuuluvat ilmanvaihtokoneiden säännöllinen huolto, ilmanvaihtokanavien puhdistus ja ilmamäärien mittaus- ja säätötöyt. Ilmanvaihdon säännöllinen huolto takaa sen, että ilma virtaa koko verkoston läpi tarkoituksen mukaisesti. Mikäli ilmanvirtaus estyy, tehdyt säätötoimenpiteet menettävät merkitystään ja tulokset vääristyvät, jolloin huoneisiin ohjautuu alkuperäisistä suunnitelmista poikkeavia ilmamääriä. (3, s. 119–121.)

Huoltotoimenpiteisiin on annettu suositeltuja aikavälejä. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden suodattimet tulisi vaihtaa noin puolen vuoden välein. Ilmanvaihtokanavat olisi syytä nuohota eli puhdistaa minimissään kymmenen vuoden välein, ja ilmamäärien mittaus- ja säätötoimenpiteet tulee tehdä vähintään kanavien nuohousten yhteydessä, nuohouksien jälkeen. (3, s. 119–121.)

## 6.1 Nuohous, mittaus- ja säätötoimenpiteiden toteutus

Kun lähdetään suorittamaan ilmanvaihdon huoltotoimenpiteitä, tarvitaan oikeanlainen kalusto. Kalusto koostuu pääsääntöisesti harjakoneesta ja harjoista, alipaineistajasta ja käsityökaluista, sekä räteistä ja puhdistusaineista. Mittaus- ja säätötöissä tarvitaan ilmamäärämittari tarvikkeineen ja venttiilien säätötulkki. Kuvista 17–21 selviää nuohoustoimenpiteessä tarvittava kalusto.



Kuva 17. Lifaan harjakone.

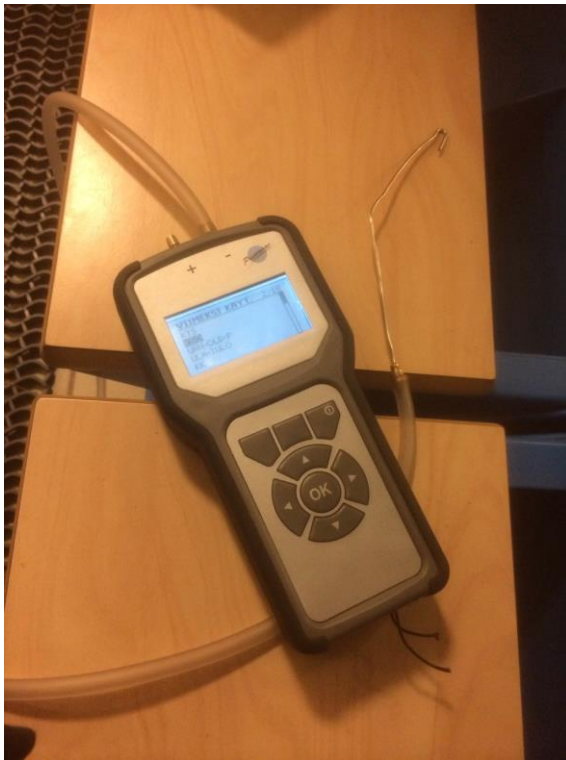




Kuva 18. Erikokoisia nuohousharjoja



Kuva 19. Lifan HepaClean 1100 -alipaineistaja.



Kuva 20. Pressovac PHM-V1 -ilmamäärämittari.



Kuva 21. Haltonin venttiileiden säätötulkki, mikä ilmaisee venttiiliraon suuruuden.

## 6.2 Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksen suunnittelu

Onnistunut ja huolellinen työ alkaa aina hyvästä suunnittelusta, niin myös ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus. Työ aloitetaan siitä, että ensimmäisenä käydään tarkastamassa työkohte paikan päällä, jotta havainnollistetaan millaisesta rakennuksesta on kyse. Tämän jälkeen etsitään kohteen mahdolliset ilmanvaihtopiirustukset ja tutkitaan niitä. Ottaen huomioon, että kuvat eivät aina täsmää todellisuuden kanssa tai niitä ei ole olemassa kyseiseen kohteeseen. Tähän onkin syytä varautua ja ottaa erityisesti huomioon työn aikataulusvaiheessa. Suunnittelussa tärkeää on myös huomioida rakennuskohteen käyttötarkoitus, jotta työ aiheuttaisi mahdollisimman vähän häiriötä rakennuksen normaalille toiminnalle. Päästääkseen parhaaseen lopputulokseen, miellyttääkseen niin kaikkia osapuolia, on rakennuksen henkilökunnan kanssa yhdessä syytä sopia milloin missäkin tilassa olisi paras ajankohta työskennellä. (7; 3, s. 119–121.)

Työjärjestys tulisi suunnitella siten, että ilmanvaihtoa ei suljettaisi täysin, vaan edettäisiin osastoittain. Tällöin pystytään sulkea vain työn alla olevaan osastoon vaikuttava ilmanvaihtokone ja pitää muita osastoja palvelevat koneet päällä. Tämä ei koske pientaloja, joissa osastoja yleisesti on yksi. Työn tulee olla myös mahdollisimman melutonta ja pölytöntä. Tällöin takaamme normaalimman ympäristön työn aikana rakennuksen mahdollisille käyttäjille. (7; 3, s. 119–121.)

## 6.3 Työn toteutus

Työ lähtee liikkeelle ilmanvaihtokoneen sulkemisella, jotta ilma ei liikkuisi puhdistettavassa kanavassa. Tuloilmakanavistoa puhdistessa tulisi kanavistossa olla ylipaine, jotta lika ei vain kiertäisi kanavistossa puhdistamatta kanavaa. Vaikka poistoilmapuolella olisi tarvittava alipaine, on kuitenkin suositeltavaa sammuttaa kone ja asentaa itse kanavistoon alipaine säästääksemme ilmanvaihtokoneen elinikää. Suurien pölymäärien ajo ilmanvaihtokoneen läpi saattaa vaurioittaa koneen moottoria ja osia, samoin kuin puhaltimen siipipyörää. (7)



Varsinainen puhdistustyö eli nuohoaminen alkaa, kun kanavistossa on riittävä alipaine. Riittävä alipaine saadaan, kun alipaineistajakone on kytketty letkulla kanaviston päärunkoon ja kanavien päätelaitteet eli ilmanvaihtuventtiilit on tukittu esimerkiksi vaahtomuovilla. Päätelaitteiden tukkimisella varmistetaan kanaviston sisälle paras mahdollinen alipaine päinehäviöt minimoiden. (7)

Kun alipaine on sopiva, voi varsinainen työ alkaa. Nuohoaminen aloitetaan verkoston kauimmasta pisteestä ilmanvaihtokoneelta päin katsottuna, mikäli alipaineistaja on kytketty koneelta lähtevään runkokanavaan koneen läheisyyteen. Tällöin pöly kulkeutuu tasaisesti alipaineistajalle. Tarvittaessa lisätään puhdistusluukkujen määrää kanavistossa, jotta eteneminen pysyy tasaisena. Harjaamista toistetaan, kunnes pöly ja muu kertymä on saatu pois kanavistosta. Tällöin on suositeltavaa luovutuspapereita varten ottaa kanavistojen sisältä sekä päätelaitteista ennen ja jälkeen kuvia, joista tilaaja pystyy tarvittaessa todentamaan tehdyn työn laadun. (7)



Kuva 22. Nuohousharja ilmanvaihtoputkessa (10).



## 6.4 Päätelaitteiden huolto

Ilmanvaihtoverkkojen eli päätelaitteiden yleisin huoltotoimenpide on niiden puhdistus. Tämän voi ajoittain tehdä kuka tahansa, mikä on erityisen suotavaa. Tällöin varmistetaan, että ilmavirrat eivät pienene läpäistessään venttiilin. Likaantunut venttiili voi aiheuttaa myös äänihaittoja, jolloin se alkaa viheltää. Venttiilien kunto voidaan tarkastaa pelkin kuulo- ja näköhavainnoin, ja on jokaisen tehtävissä. (3, s. 132–133.)

Venttiilin peseminen tapahtuu seuraavasti:

1. Irrota ilmanvaihtoverkko kiertämällä sitä vastapäivään.
2. Poista pahimmat likakertymät, jonka jälkeen huuhtelee ja pese venttiili mahdollisesti tiskiharjaa käyttäen.
3. Kuivaa venttiili ja laita paikoilleen kiertämällä myötäpäivään.

Huomioitavaa on, että venttiilin säätölautasta ei pyöritetä. Muuten ilmamääräasetukset muuttuvat ja huonetilaan ohjautuu eri määrä ilmaa kuin olisi tarkoitus. (3, s. 133.)

## 6.5 Puhtauden tarkastaminen

Tehdyn ilmanvaihtojärjestelmän puhdistustyön jälkeen työn laatu tarkastetaan. Tarkastuksen hyväksymiseen yleensä riittää visuaalinen arviointi, jolloin visuaalisesti joko hyväksytään tehty työ tai todetaan uudelleen tehtäväksi kokonaan tai osittain. Mikäli visuaalinen tarkastusmenetelmä tuottaa epävarmuutta päätöksen teossa, käytetään muita tarkastusmenetelmiä, esimerkiksi pölykertymämittausta tai optista geelipeitepuhdistusmenetelmää. (8)

Ilmanvaihtokanavien puhtaus on luokiteltu kahteen luokkaan: P1 ja P2. Luokat ovat määritetty likakertymien mukaan. Luokassa P2 likakertymä on alle 5,0 g/m<sup>2</sup>, kun taas luokassa P1 kertymä jää alle kahden gramman neliometriä kohden. Pölykertymäksi määritellään kaikki lika, joka kanavassa havaitaan, myös osiin jäänyt metallijauhe ja muu karkea lika.

Mikäli tarkastettavan kohteen likakertymien keskiarvo jää alle puhtausluokkien vaatimaa likakertymäkerrointa, on kohde hyväksyttävissä. (8)

Tarkastaessa tulokset kirjataan tarkastuslistoihin, johon merkitään kaikki havaitut pölykertymät sekä mahdolliset muut epäpuhtaudet. Merkitsemällä listaan tarkasti epäpuhtauksien sijainnit, helpotetaan mahdollista uudelleen puhdistamista, mikäli osa kanavistosta tulee puhdistaa toistamiseen. Valokuvien ottaminen epäpuhtauskohdista on myös suositeltavaa. (8)

## 6.6 Mittaus- ja säätötyö

Huonetilat tulee mitoittaa aina hieman alipaineisiksi. Tällöin estetään mahdollisten kosteusvaurioiden syntyminen. Sopiva alipaine on saavutettu, kun poistoilmavirta on noin 10 % suurempi kuin tuloilmavirta, kuitenkin vähintään 4 dm<sup>3</sup>/s. On huomioitava, että liian suuri alipaineistus voi kuitenkin aiheuttaa epäpuhtauksien ja hajuhaittojen kulkeutumista huonetiloihin. (6; 5.)

Ilmanvaihtojärjestelmä on aina säädettävä asennus- ja puhdistustöiden jälkeen suunnitelluille ilmapirroille, jotta suunniteltu sisäilman laatu saavutettaisiin. Suunnitellut ilmamäärät eri tiloihin on esitetty tilan rakennusvaiheessa ilmanvaihtosuunnitelmassa. Mikäli näitä ei löydy, pitää ilmamäärät määritellä uudelleen käyttäen suunnittelijaa. Tarvittavat ilmamäärät on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2. (6)

Mittaus- ja säätötyöt aloitetaan pöytäkirjapohjan laatimisella. Tähän merkitään tilakohtaisesti mittaustulokset, ja toimitetaan lopuksi tilaajalle. Tämä on järkevintä niin sanotusti esitäyttää ennen mittaamiseen ryhtymistä eli kirjata jokainen tila erikseen pöytäkirjaan (kuva 23) ja selvittää ja merkitä suunnitellut ilmamäärät ja venttiilien määrät, koot ja mallit tiloittain. Tällöin mittauksien yhteydessä nähdään heti tilan haluttu ilmamäärä tilaan tullessa, jolloin helpotetaan ja nopeutetaan työn etenemistä.





Kuva 24. Ilmanvaihtokanavan ja huoneilman välisen paine-eron mittaaminen Pressovac PHM-V1 -paine-eromittarilla (11).

## 7 Yhteenveto

Nykypäivänä energiankulutussyistä rakennukset pyritään rakentamaan täysin tiiviiksi estämättä lämpöenergian karkaaminen talon ulkopintojen läpi. Tällöin koneellinen ilmanvaihto on ehdoton, jotta sisäilma saadaan vaihtumaan. Ilmanvaihtojärjestelmiä on siis syytä huoltaa aika ajoin, sillä kokonaisuudessaan se kattaa ison ja merkittävän osan nykypäivän talotekniikassa. Aihe on kiinnostava ja merkitsevä, siksi valitsin aiheen.

Opinnäytetyössä haastavinta oli kokonaisuuden luominen, ei niinkään tiedon keruu. Työelämässä olen työskennellyt paljon ilmanvaihdon parissa, mutta asian tuominen tekstimuotoon oli joissain määrin hankalaa. Loppujen lopuksi olen tyytyväinen työhöni.

## Lähteet

- 1 Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointi-tekniikka ja sisäilmasto.
- 2 Korkala – Salminen. 1997. Kiinteistön ilmastoinnin hoito ja huolto. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus.
- 3 Korkala – Laksola. 2009. Ilmastointi: Hoito ja huolto. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus.
- 4 Ilmanvaihdon suunnittelu, asennus ja käyttöönotto. 2010. Verkkodokumentti. Vallox.  
<[http://www.vallox.com/tiedostot/4/documents/Esitteet\\_FI/SUUNN\\_iv.pdf](http://www.vallox.com/tiedostot/4/documents/Esitteet_FI/SUUNN_iv.pdf)>
- 5 Ilmavirtojen mittaus- ja säätöopas. 2010. Verkkodokumentti. FläktWoods.  
<<http://www.oie.fi/userfiles/image/flaktwoods-2010.pdf>> Luettu 15.11.2013
- 6 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma, D2. Helsinki: ympäristöministeriö
- 7 Ilmastointijärjestelmän ja IV-kanavien puhdistaminen. 2014. Verkkodokumentti. Lifa Air.  
<[http://www.lifa.net/suomi/prod\\_ilmastointilaitteiden\\_puhdistaminen.php](http://www.lifa.net/suomi/prod_ilmastointilaitteiden_puhdistaminen.php)>  
Luettu 10.11.2013
- 8 LVI-ohjekortti 39-10409. Ilmanvaihdon puhtauden tarkastus. 2007. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 9 LVI-ohjekortti 05-10440. Sisäilmastoluokitus 2008. 2008. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 10 Nuohouskuva. 2014. Verkkodokumentti. Puhtoputki.  
<<http://www.puhtoputki.fi/upl/website/kuvagalleria/harjaputki220.jpg>>  
Luettu 15.03.2014
- 11 IV-mittaus, kuva. 2013. Verkkodokumentti. Htc.  
<<http://www.htc.fi/wp-content/uploads/2013/08/slider750-mittaus.jpg>>  
Luettu 15.3.2014
- 12 Ilmanvaihtolaitosten puhtauden varmistaminen. 2004. Verkkodokumentti. Sisäilmäyhdistys ry.  
<<http://www.tsr.fi/tsarchive/files/TietokantaTutkittu/2004/104065Loppuraportti.pdf>> Luettu 12.1.2014
- 13 Kemialliset tutkimukset. 2008 Verkkodokumentti. Sisäilmäyhdistys.  
<<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/ongelmien-tutkiminen/muut-sisailmatutkimukset/kemialliset-tutkimukset/>>  
Luettu 12.1.2014

- 14 Sisäilman radon. 2011. Verkkodokumentti. Säteilyturvakeskus.  
<[http://www.stuk.fi/sateily-ymparistossa/radon/fi\\_FI/mita\\_radon\\_on/\\_files/89705092382990294/default/sisailman-radon-joulukuu2011.pdf](http://www.stuk.fi/sateily-ymparistossa/radon/fi_FI/mita_radon_on/_files/89705092382990294/default/sisailman-radon-joulukuu2011.pdf) >  
Luettu 25.2.2014
- 15 Formaldehydi. 2014. Verkkodokumentti. Hengitysliitto.  
<[http://www.hengitysliitto.fi/hengitysilma/sisailma/hiukkasmaiset-ja-kaasumaiset-epapuhautaudet/formaldehydi#.UyW7dfl\\_uT8](http://www.hengitysliitto.fi/hengitysilma/sisailma/hiukkasmaiset-ja-kaasumaiset-epapuhautaudet/formaldehydi#.UyW7dfl_uT8)>  
Luettu 25.2.2014
- 16 Epäorgaaniset yhdisteet. 2014. Verkkodokumentti. Valvira.  
<[http://www.valvira.fi/ohjaus\\_ja\\_valvonta/terveydensuojelu/asumisterveys/kemikaalit/epaorgaaniset\\_yhdisteet](http://www.valvira.fi/ohjaus_ja_valvonta/terveydensuojelu/asumisterveys/kemikaalit/epaorgaaniset_yhdisteet)> Luettu 25.2.2014
- 17 Allergeenit. 2011. Verkkodokumentti. Allergialiitto.  
<<http://www.allergia.fi/allergia-ja-astma/allergian-itsehoito-ohjeet/allergeenit/>>  
Luettu 25.2.2014
- 18 Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto. 2002. Verkkodokumentti. Sisailma.  
<<http://www.sisailma.info/tiedostot/Oppaat/Ilmanvaihto%202002.pdf>>  
Luettu 11.12.2013
- 19 Ilmanvaihtojärjestelmä. 2011. Verkkodokumentti. Uponor.  
<<http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/Indoor%20air/Installation%20manuals/31703kerrostalonivsuunasohje012011.ashx>> Luettu 11.12.2013
- 20 Pientalon ilmanvaihdon eristäminen. 2011. Verkkodokumentti. Paroc.  
<<http://ilmashop.fi/pdf/2.pdf>> Luettu 15.2.2014

**Liite 1. Esimerkki laatu- / olosuhtemittausraportista**

# Laurintie 136, Mittausraportti

## 1 Johdanto

Suoritimme toimistotiloihinne Vantaan Laurintielle sisäilman olosuhde- ja laatumittauksia. Työkaluina jatkuvaan reaaliaikaiseen mittaukseen käytimme SiMap-mittasalkkua ja antureita. Mittaukset ovat aloitettu 13.1.2014 ja jatkuivat tähän päivään asti. Asiat joita mittasimme:

- Lämpötila, (°C)
- Ilman suhteellinen kosteus, (%)
- Hiilidioksidipitoisuus, (ppm)

Lämpötilan suunnitteluarvona oleskeluvyöhykkeillä lämmityskausina käytetään yleisesti 21 °C ja kesäkausina 23 °C. On kuitenkin tapauksia, joissa huonelämpötiloja suunnitellaan näistä poiketen. Tällaiset tilakohtaiset ohjearvot lämpötiloille on esitetty rakennusmääräyskokoelmassa, D2.

Tila	Huonelämpötila °C
Porrashuone	17
Kylpyhuone, pesuhuone	22
Kuivaushuone	24
Myymäla	18
– myymälän kiinteä työpiste	21
Liikuntahalli	18
Kirkkosali	18
Tehdshalli, keskiraskas työ	17
Autokorjaamo, katsastustilat	17
Hissikuilu	17

Taulukko1 rakennusmääräyskokoelma D2, s.6

Rakennusten huonetilojen suhteellinen kosteus tulisi olla noin 20 – 60 prosenttia. Lämmityskausilla sopivat arvot ovat noin 25 – 45 %. Kesäkausilla suhteellinen kosteus ulkoilman kosteudesta johtuen saattaa ajoittain nousta jopa yli 60 prosentin.

Huonetilojen sisäilman hiilidioksidipitoisuus tilojen käyttöaikana tulisi olla enintään 1200ppm. Tämä lukema on sisäilmastoluokan S3 enimmäisarvo, kun taas luokan S2 vastaava arvo on 900ppm ja luokan S1 700ppm.

### 1.1 Kohteen perustiedot

Talotyyppi: LVI-myymälä / toimisto- / varastorakennus

Rakennusvuosi: 1960

Kerroksia: 1

Lämmitysmuoto: Ilmavesilämpöpumppu, lisäksi aurinkopaneelit

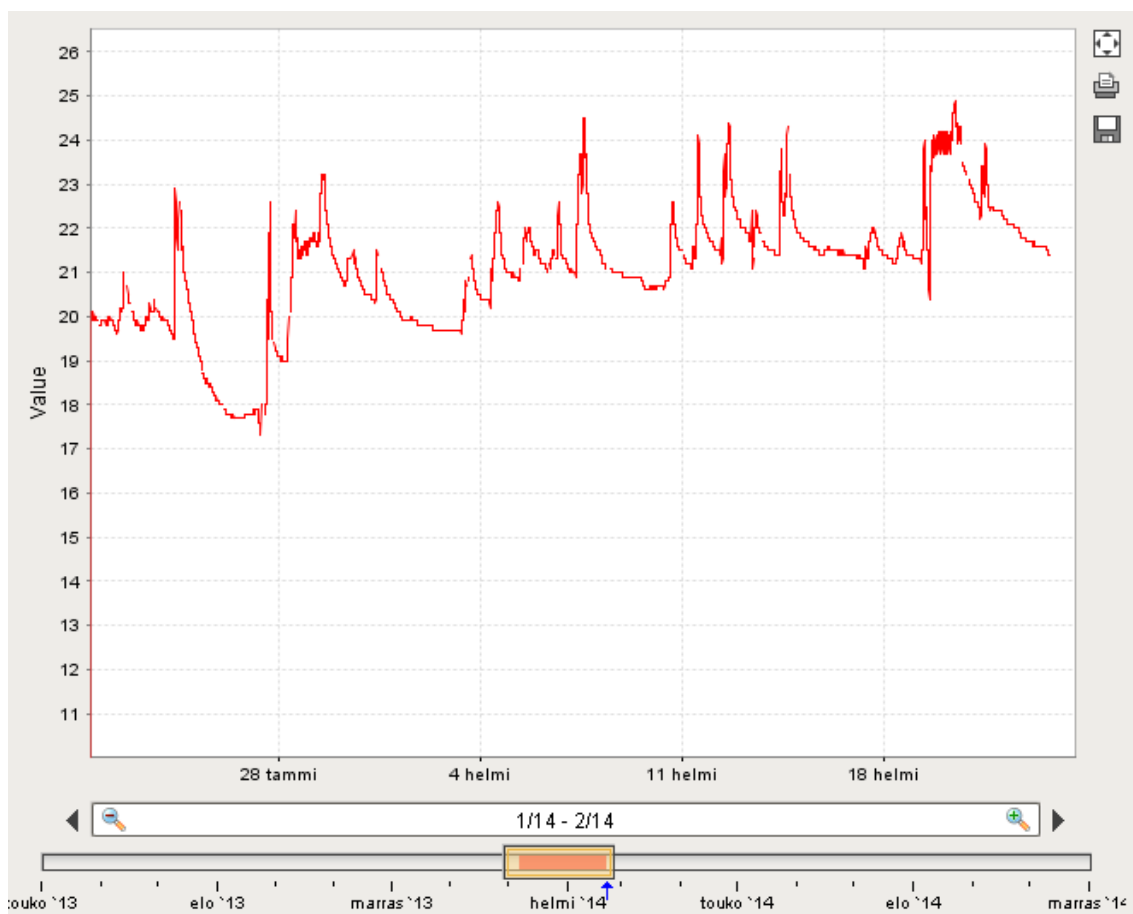
Rakennusmateriaali: Betoni

Seinärakenne: Tiili

## 2 Mittaustulokset

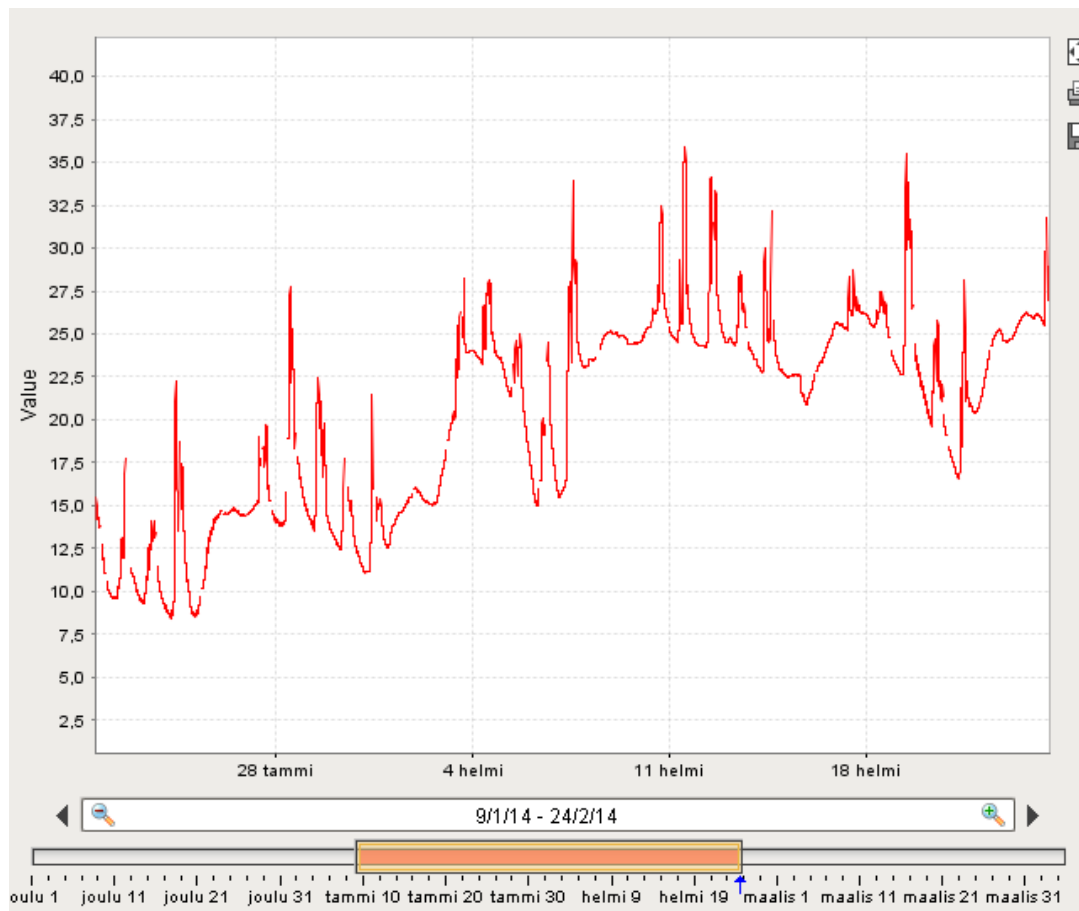
### 2.1 Neuvotteluhuone

Neuvotteluhuoneesta mittasimme lämpötilaa, ilman suhteellista kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta.

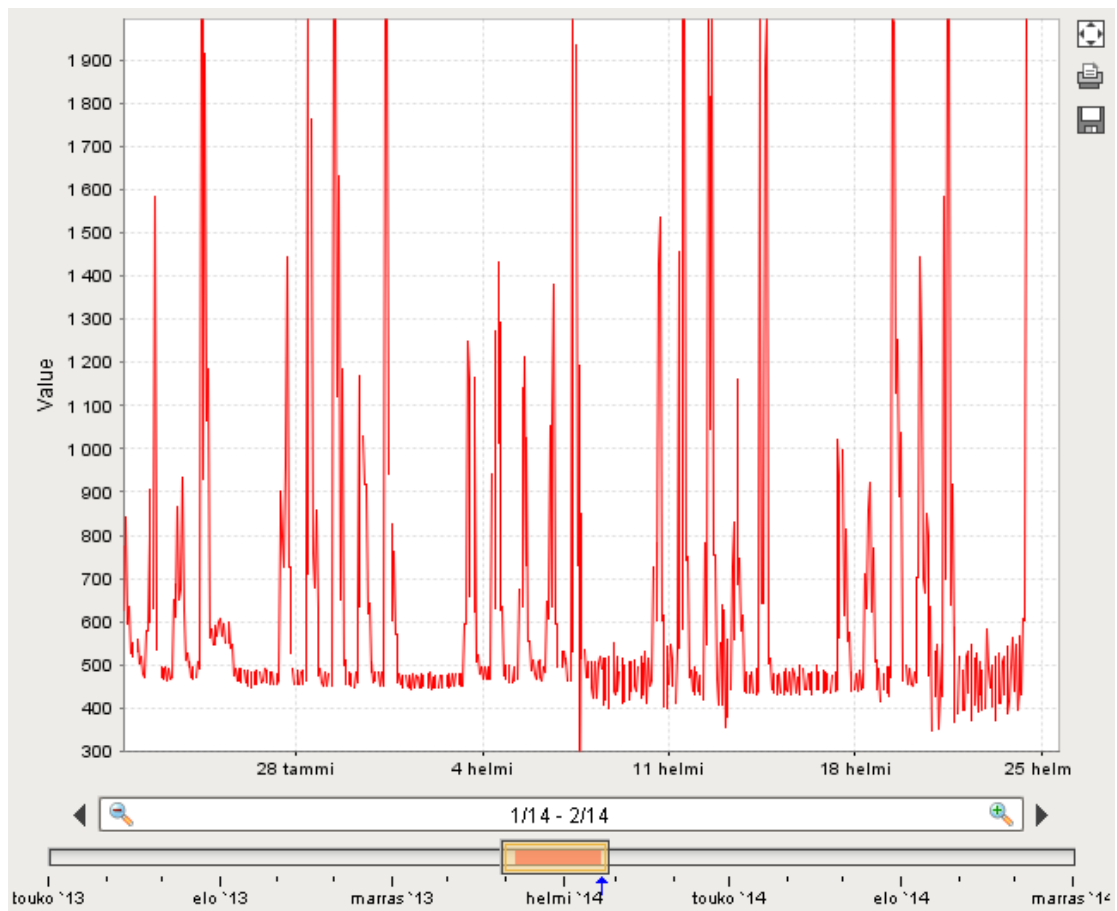


Kuva 1. Lämpötila





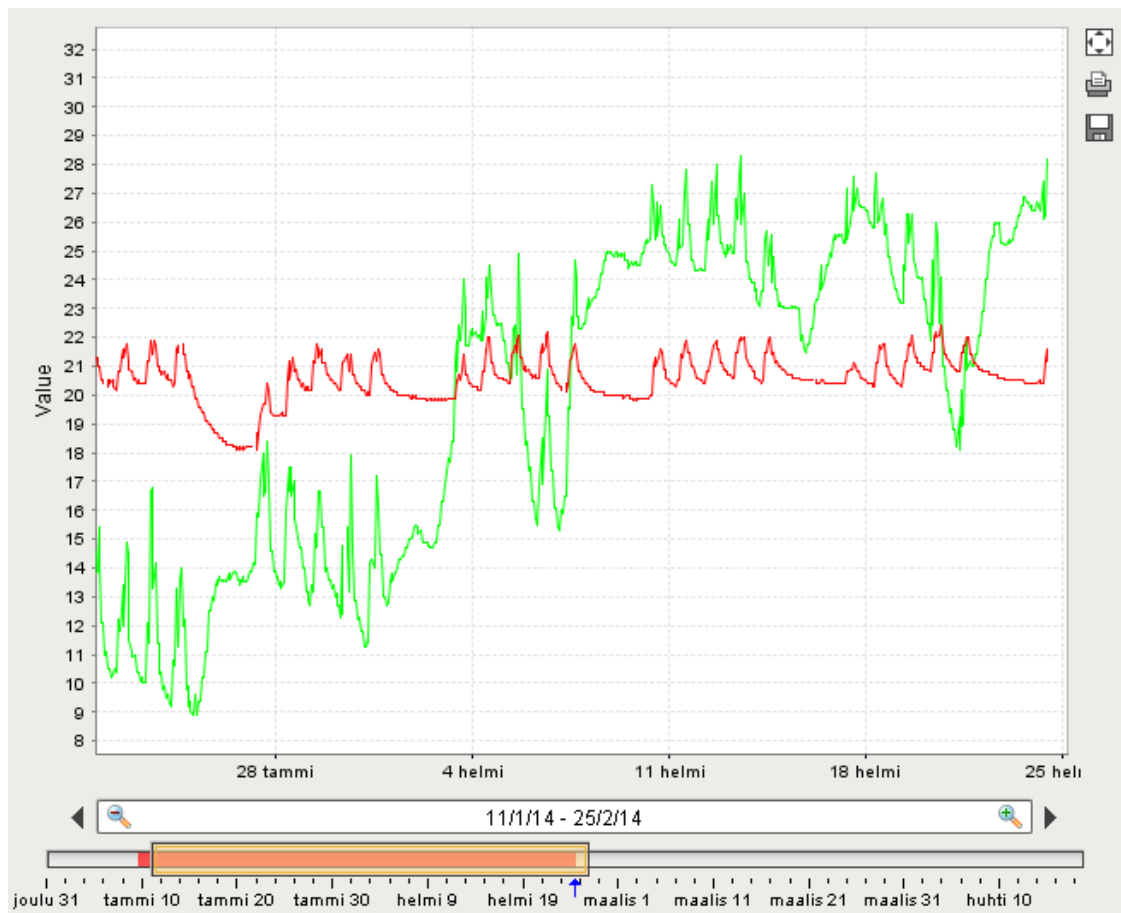
Kuva 2. Suhteellinen kosteus



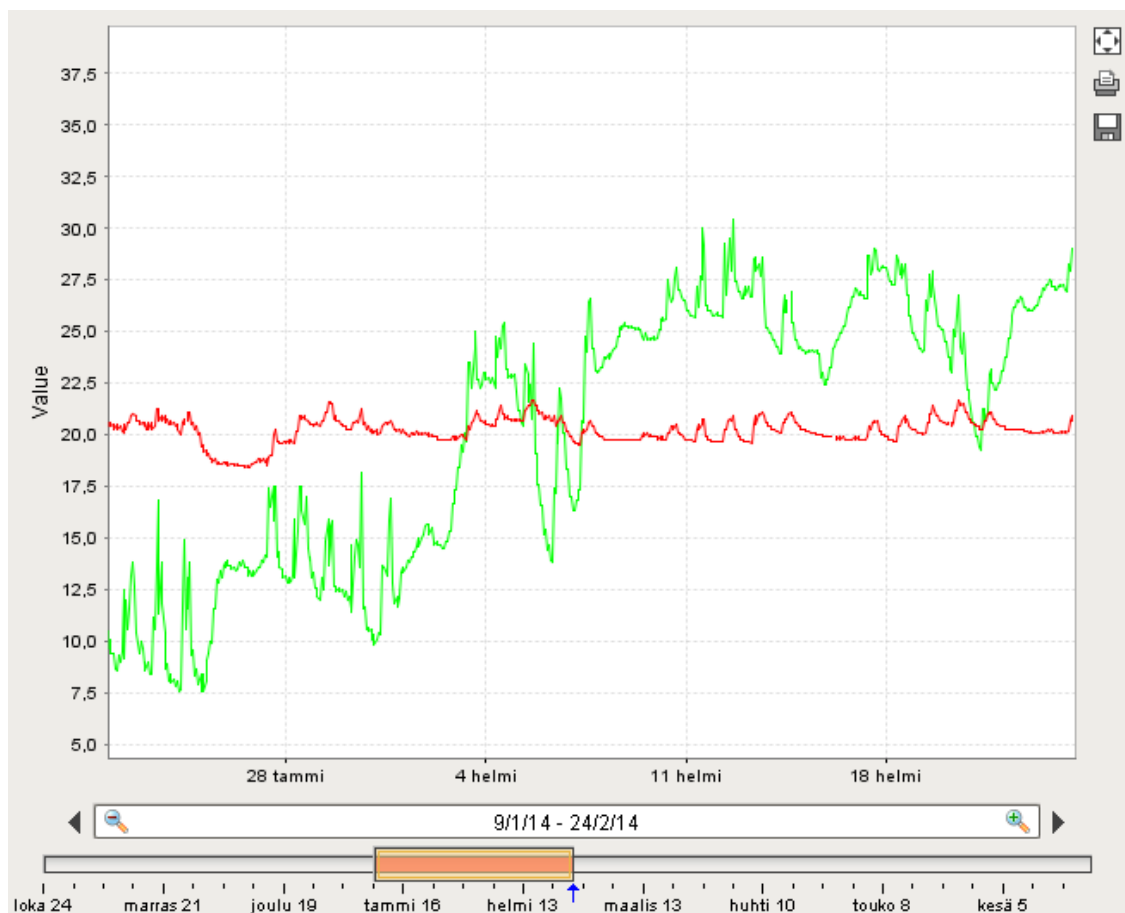
Kuva 3. Hiilidioksidi

## 2.2 Työhuone 1 & 2

Työhuoneissa 1 ja 2 mitattiin lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta.



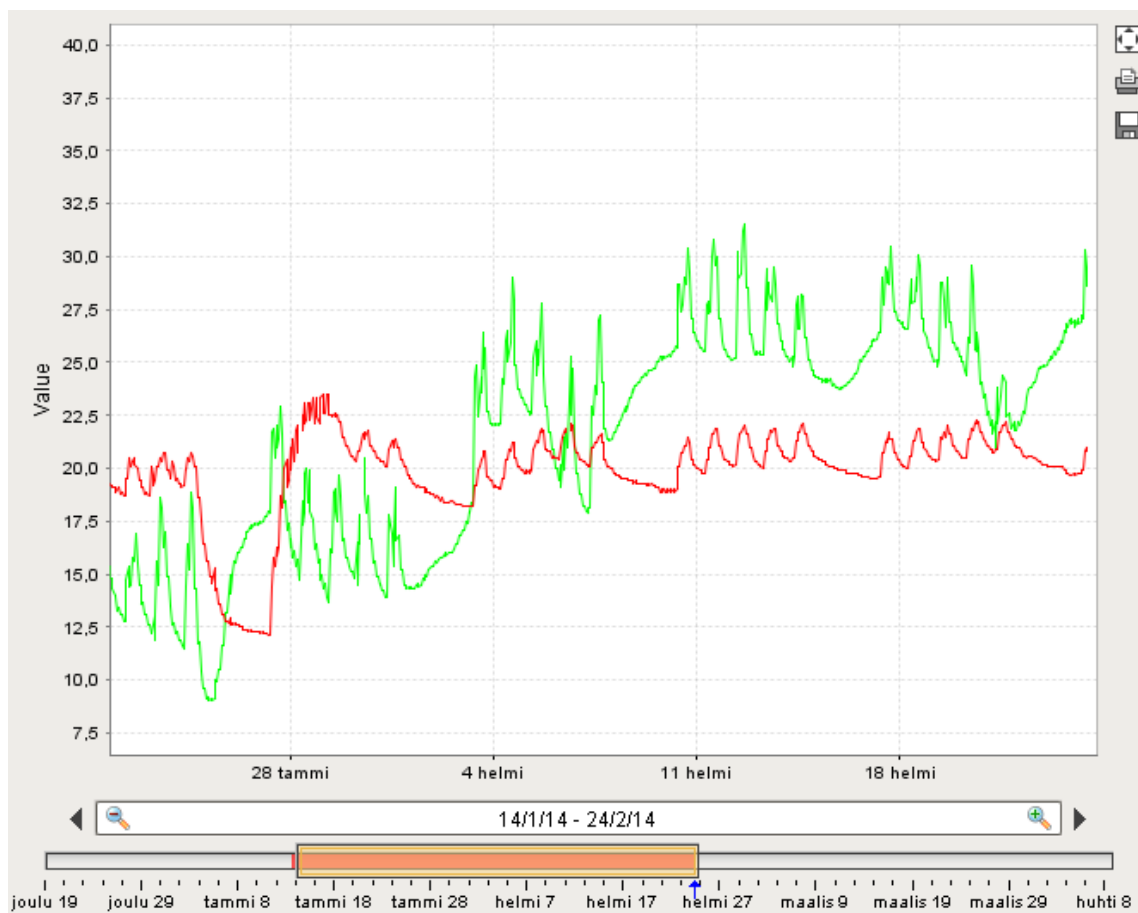
Kuva 4. Työhuone 1



Kuva 5. Työhuone 2

### 2.3 Myymälän tiski

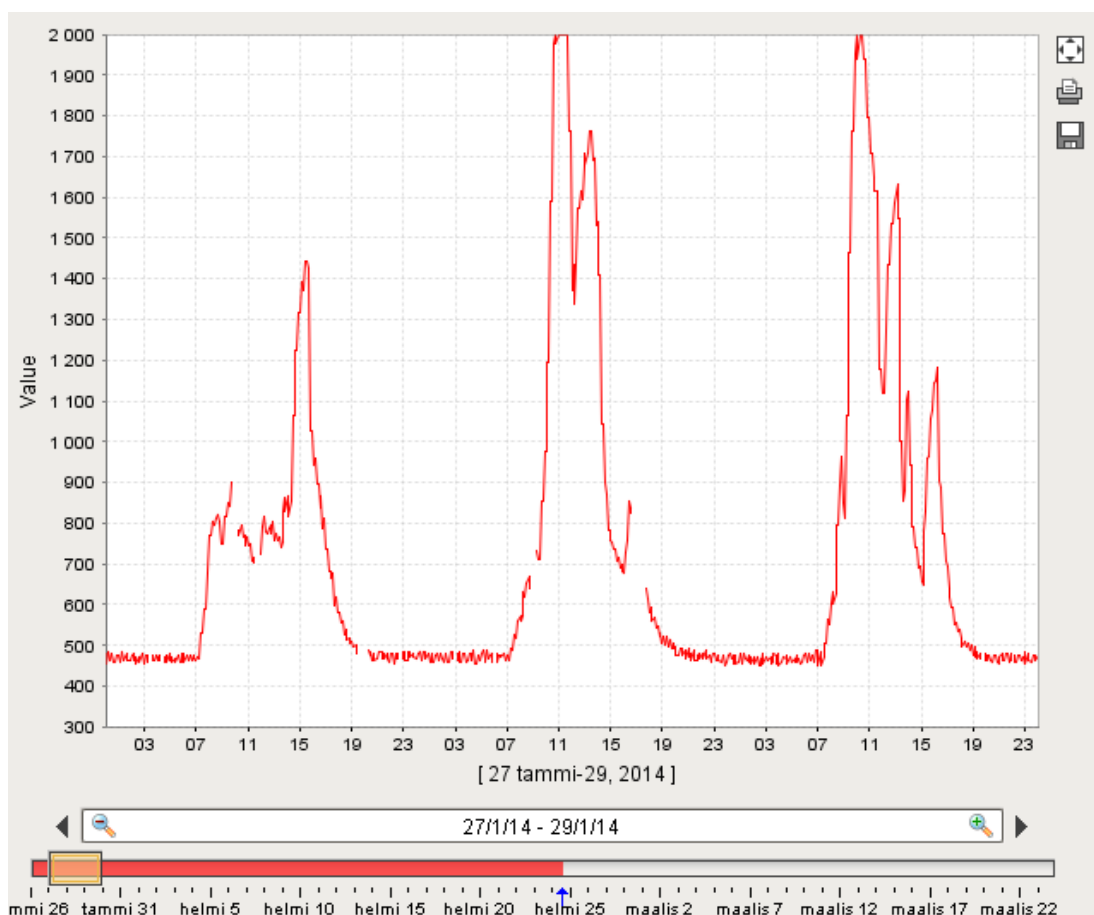
Myymälän tiskin läheisyydestä mitattiin lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta.



Kuva 6. Myymälän tiski

### 3 Havainnot & toimenpide-ehdotukset

Neuvotteluhuoneen hiilidioksidipitoisuudet nousevat liiankin korkeiksi tilanteissa, joissa tila otetaan varsinaiseen käyttöön.



Kuva 7. Neuvotteluhuoneen hiilidioksidin ongelmahavainto


Kuvassa 7. nähdään selvästi hiilidioksidinousut aamuisin, kun tilassa on alkanut palaveri. Pitoisuudet nousevat reilusti yli tyydyttävän rajan. Toimenpide-ehdotuksenamme olisi ilmanvaihdon toimivuuden tarkastaminen kokonaisuudessaan.

Ilmanvaihdon tarkastaminen sisältäisi tarvittavien ilmamäärien mittaus- ja säätötyön, mahdollisesti myös kanaviston nuohouksen, sekä koneiden tarkastukset ja huollot.

### 3.1 Toimenpide-ehdotus

Ongelman ratkaisemiseksi aluksi mittaamme tulevan ilmamäärän neuvotteluhuoneeseen, mahdollisesti myös nuohoamme, sekä kuvaamme kanaviston. Mikäli ilmamäärä ei riitä toimenpiteiden jälkeen, eikä kanavistossa kuvausten perusteella havaita vuotoja, joudumme tekemään mahdollisia kanavamuuostöitä. Ilmamäärien jääden tämänkin jälkeen alle, syy mitä ilmeisemmin johtuu alitehoisesta ilmanvaihtokoneesta, joka olisi syytä vaihtaa.

## Liite 2. Esimerkki Ilmamäärien mittauspöytäkirjasta



LVI-Trio oy

Laurintie 136 01400 VANTAA

Puh 09-838 6450

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Mittari : Airflow TA 465 TSI

Mittaaja : Janne Louho

Pvm : xxx

Asiakas: xxx

Kohde: xxx

Käyntinopeus: Täysi

TULOILMA								POISTOILMA							
koje	venttiili	koko	kpl	rako	paine pa	vaadittu l/s	mitattu l/s	venttiili	koko	kpl	rako	paine pa	vaadittu l/s	mitattu l/s	
Halli 1-osa								PRA	315	1	6	4,4	-1000	-722	
Halli 2-osa	PRA	630	1	5,5	127	2520	2502	PRA	630	1	4	43	-3800	-4040	
Halli 3-osa	PRA	630	1	6	55	2160	1965								
Vaihtotaitio 1-osa	PRA	200	1	5	77	200	222								
Vaihtotaitio 2-osa	PRA	200	1	5,5	103,9	330	306								
Vss-k	RAL	125	1	3	30,9	30	29	URH	160	1	19	14,2	-20	-20	
Jäänhoitokonehuone	RAL	125	1	5	42,2	30	30	URH	160	1	17	15,1	-20	-20	
Ensiapuhuone								URH	160	1	0	62,2	-20	-19	
Varasto								URH	100	1	-11	85,6	-5	-5	
Siivouskomero								URH	160	1	0	62,3	-20	-19	
Teroitushuone								URH	160	1	-3	85,2	-20	-19	
Pesula								URH	200	1	21	107,1	-60	-59	
Kuivaushuone1	RAL	125	1	5	76,1	40	40	URH	160	1	23	42,3	-40	-39	
Varasto								URH	100	1	-10	43,3	-5	-5	
Käytävä	RAL	160	1	6	64,3	50	52								
Pukuhuone 12	RAL	200	1	A	65	120	115	URH	200	2	25	59,4	-100	-102	
WC								URH	160	1	18	32,4	-30	-30	
Suihku	RAL	125	1	2	53,1	40	40	URH	160	1	12	82	-40	-40	
Pukuhuone 11	RAL	200	1	A	57,7	120	109	URH	200	2	35	36	-100	-99	
WC								URH	160	1	22	25,9	-30	-30	
Suihku	RAL	125	1	1	48,7	40	40	URH	160	1	11	90,8	-40	-40	
Varasto								URH	100	1	-9	29,4	-5	-5	
Varasto								URH	100	1	-10	38	-5	-5	
Kuivaushuone2	RAL	125	1	5	74,8	40	40	URH	160	1	19	55,5	-40	-40	
Pukuhuone 10	PRA	200	1	4	45,1	120	121	URH	200	2	34	38,4	-100	-100	
WC								URH	160	1	4	92,8	-30	-30	
Suihku	RAL	125	1	A	40,5	40	39	URH	160	1	17	62,7	-40	-40	
Pukuhuone 9	RAL	200	1	A	49,7	120	101	URH	200	2	26	50,5	-100	-98	
Wc								URH	160	1	6	79,7	-30	-30	
Suihku	RAL	125	1	A	38,5	40	38	URH	160	1	17	63,8	-40	-40	
Varasto								URH	100	1	-11	104,1	-5	-6	
Varasto								URH	100	1	-11	112,9	-5	-6	
Aulan WC N								URH	160	1	7	72,2	-30	-30	
Aulan WC M								URH	160	1	10	56,8	-30	-30	
Erotuomari	RAL	160	1	1	24,6	40	40	URH	160	1	20	51,4	-40	-40	
WC								URH	160	1	10	57,2	-30	-30	
Aula	RAL	160	1	A	43,3	60	57								
Valvomo	RAL	125	1	A	37	40	37	URH	160	1	22	47,4	-40	-40	